

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX-SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO PLÁSTICAS

Henrique Caetano de Lima¹
Highor Bezerra de Oliveira²
Luana Thaina Dionizio Novais³
Tiago Grajanin de Souza⁴

RESUMO: O presente artigo aborda um estudo sobre o uso de ferramentas da qualidade e softwares a fim de melhorar o layout de uma indústria de produtos de irrigação. Para isso, foram utilizados métodos para a análise da situação atual e, posteriormente, para a formulação da proposta de melhoria. O método Lean Six-Sigma vai ao encontro desta necessidade, trabalhando para implantação de uma cultura padronizada em busca de otimizações e controle de processos, para uma maximização da sua lucratividade juntamente com a produtividade, e quando bem administrado gera grandes benefícios para as empresas que o adota. Utilizando a metodologia DMAIC e o uso do FlexSim para simulação do cenário é possível analisar os resultados, comprovando que as mudanças propostas no layout são capazes de reduzir em 43% o tempo de processamento das peças, melhorando a organização dos setores produtivos, além de garantir a agilidade no processo de fabricação.

Palavras-chave: Six-Sigma. DMAIC. Layout. FlexSim. Produção enxuta.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o site FlexSim, a cada ano que se passa é observado um aumento nos custos de produção, onde cada vez mais as empresas estão em busca de aumentar a sua eficiência produtiva, garantindo uma otimização de processos e redução nas despesas. Através disso a simulação permite as indústrias um meio

¹ Discente do 3º ano do curso de Engenharia de produção do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. E-mail henrique-caetano@hotmail.com

² Discente do 3º ano do curso de Engenharia de produção do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. E-mail highor.oliveira@hotmail.com.br

³ Discente do 3º ano do curso de Engenharia de produção do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. E-mail luana_thaina2010@hotmail.com

⁴ Docente do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário “ Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Mestre em Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho email tiago.grajanin@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

inovador de analisar e testar novas implementações, onde por informações e resultados são verificadas as melhorias e seus custos gerados.

O presente trabalho foi realizado a partir de quatro passos. Primeiramente, realizou-se a medição do barracão onde é feita a injeção de todas as peças e também cronometrou um dos operadores para verificar em quanto tempo produziu-se uma peça. Segundo, criou-se no AutoCAD o layout do barracão e importou-se para o FlexSim, adicionando os objetos do processo (operadoras, máquinas e outros). Terceiro, os fluxos dos processos foram definidos através das conexões realizadas no sentido do fluxo. Quarto, realizou-se a programação dos objetos, como tempo de processamento, lógica, informações dos funcionários. Após o término da modelagem do cenário atual, executou-se o modelo e foi possível visualizar o processo em um ambiente 3D.

Além da utilização dos softwares para representação do layout e simulação dos processos, para auxiliar nosso estudo utilizou-se a metodologia Lean Six-Sigma, com o objetivo de melhorar os resultados da empresa por meio da redução da variabilidade nos seus processos e por meio da eliminação dos desperdícios e de atividades que não agregam valor. Segundo Rotondaro, et al. (2015) a metodologia, é utilizada para implementação de qualidade dos processos de produção, seja produtos ou serviços, através de uma melhoria contínua.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Rotondaro, et al. (2015) a estrutura de otimização Lean Six-Sigma utiliza de ferramentas e métodos estatísticos para definir os problemas, coletar os dados, analisar os resultados obtidos, implementar melhorias dos processos e ajudar no controle dos ciclos otimizados.

A metodologia Lean Six-Sigma é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo eliminar perdas, reduzir custos através da melhoria da qualidade de produtos e processos, aumentando a lucratividade da empresa.

Um padrão Lean Six-Sigma tem uma probabilidade de 3,4 defeitos por milhão de itens produzidos ou 99,99966% de perfeição. Significa que em uma distribuição normal centralizada, são encontrados seis desvios padrões entre o limite

inferior de especificação e a média do processo, e mais seis desvios padrões entre a média e o limite superior de especificação.

A ferramenta segue duas metodologias principais, compostas de cinco fases cada uma. São elas o DMADV, utilizada em projetos focados em criar novos produtos, serviços e processos, e o DMAIC que foca em melhorar produtos, serviços e processos de negócios já existentes.

Dias (2014) defini o DMAIC como o método mais aplicado a projetos Lean Six-Sigma e tem como meta melhorar ou criar processos. É um roteiro de 5 etapas sendo elas:

Definir: elaborar um objetivo e escopo do projeto com as informações iniciais para um melhor desenvolvimento do estudo dos processos.

Medir: desenvolver um plano para coleta de dados e informações dos processos produtivos, realizar a análise do sistema de medição (MSA) verificando sua confiabilidade.

Analisar: utilização dos resultados obtidos da coleta de dados para identificar as principais causas do problema.

Implementar: elaborar meios para implementar soluções inovadoras eliminando as causas encontradas.

Controlar: realizar auditorias e monitorias para garantir que as implementações estejam sendo executadas corretamente.

O objetivo da ferramenta é implementar uma estratégia baseado em medições focado na criação, gestão e otimização de processos reduzindo as variações.

Utilizou-se o DMAIC para poder observar de uma forma mais clara a disposição dos dados coletados e desta forma tomou-se uma melhor decisão para melhora do layout.

Os desperdícios em empresas geram várias consequências ruins para os negócios. Quando se gastam recursos além do necessário para a produção de uma mercadoria, a competitividade e o financeiro da organização podem ficar prejudicados.

Coutinho (2019), o Lean Manufacturing ou Produção Enxuta busca funcionar da maneira mais enxuta possível, buscando sempre reduzir os seus 8 desperdícios. São eles: transporte, inventário, movimentação, espera, produção

excessiva, processamento excessivo e defeitos. O oitavo desperdício, o conhecimento, só foi considerado um desperdício mais tarde.

Segundo o site FlexSim, o software de simulação configurado com dados reais, é utilizado para criar moldes e layouts de processos industriais, para encontrar possíveis causas de problemas em seus ciclos.

O software oferece aos seus usuários uma forma inovadora de construir e verificar o sistema atual de uma empresa, podendo realizar modificações para uma otimização processual, ajudando assim na eliminação de custos desnecessários.

3 ESTUDO DE CASO

A AGROJET é uma indústria localizada em um dos distritos industriais de Presidente Prudente/SP, a empresa realiza a fabricação de produtos para irrigação, enxergando a possibilidade de termos no Brasil produtos que se adaptam as condições climáticas do país e que são de fácil instalação e baixos custos. A empresa nasceu no ano de 1993, começou com a fabricação de apenas um produto e hoje atende mais de seis mil revendas em todo mundo, todo processo produtivo é desenvolvido nas dependências da empresa, desde os projetos e confecção dos moldes, injeção plástica, montagem dos produtos, testes de qualidade, embalagem, armazenamento e expedição.

O estudo feito na organização, foi baseado em simulação da área produtiva de injeção e foi analisado possíveis mudanças no layout. Com alguns dados fornecidos pela empresa, pode-se saber a produção de certos itens, quantidade de refugo, produção horária, entre outros dados. Com esses dados sendo inseridos no Flexsim, a análise agrega muito valor à uma simples visualização de um layout bonito, e traz realmente um poder de remover desperdícios, otimizar sistemas.

O fluxograma mostrando todos processos da indústria pode ser observado na figura 01.

Fluxograma da produção

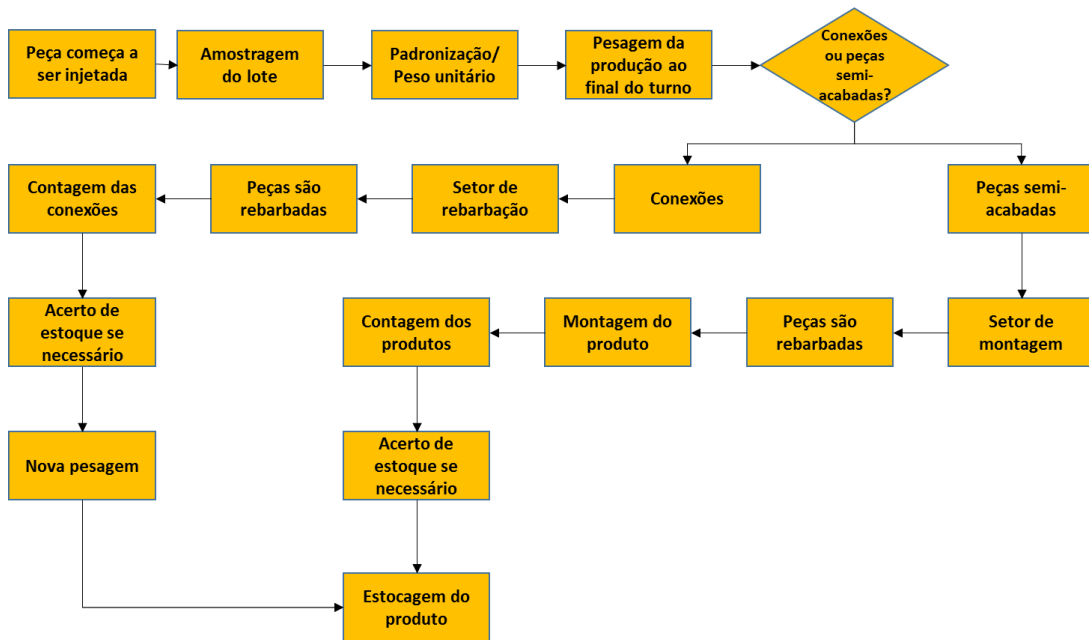


Figura 01: Fluxograma dos processos (Fonte: AGROJET)

3.1 DEFINIR

Nessa primeira fase do ciclo a equipe definiu qual o objetivo do projeto onde foi elaborado um contrato do mesmo, que pode ser observado na figura 02, definindo dessa forma o problema a ser estudado e propor soluções, qual indicador utilizar e quem são os integrantes do grupo e os fornecedores dos dados, dessa forma todos integrantes e seus patrocinadores estarão por dentro do escopo do projeto.

O objetivo do projeto foi desenvolver a planta baixa dos barracões e construir a simulação da produção da injeção plástica, buscando analisar pontos para testar e implantar melhorias nos processos de fabricação dos produtos.

Sempre levando em conta as restrições que foram levantadas, onde não se deveria realizar alterações no posicionamento das máquinas e investimentos com alto custo. Dessa forma fazendo com toda acessória fosse voltada a otimização dos ciclos de injeção e pequenas formatações no layout.

CONTRATO DO PROJETO

Patricionador: Agrojet

Integrantes da equipe: Henrique Caetano, Highor Bezerra e Luana Thaina

Contexto

Estudo dos processos de injeção plástica afim de implementar melhorias na produção

Problema: Processos e transportes em excesso

Q1 - O que estamos tentando realizar?

Reduzir o tempo de processos da injeção plástica por operador

Q2 - Como sabemos que a mudança é uma melhoria?

Indicadores	Atual	Meta
Tempo de clique por peça na injetada	Média de 42,9 segundos por operador	Reduzir em 30%

Business Case

Com a redução do ciclo de processamento por injeção realizada o tempo de desperdícios de processos torna o enfoque na produção rápida

Q3 - Atividades iniciais do projeto

1. Desenvolvimento do SIPOC
2. Aplicação e estudo do DMAIC no setor

Restrição para as atividades

Não será possível alteração no layout das máquinas injetoras

Figura 02: Contrato do projeto

A meta a ser alcançada é otimizar todo processo de injeção e reduzir o tempo dos operadores em 30%, fazendo com que os mesmos diminuam o tempo desperdiçado com ações desnecessárias, produzir mais em determinado período, mantendo sempre o foco na produção em si, dessa forma buscando aumentar a produtividade da empresa e agilizar a chegada do produto até ao controle do cliente.

3.2 MEDIR

Inicialmente na fase de medição a equipe organizou um cronograma de visitas semanais a empresa, onde foi possível conhecer e observar o funcionamento do atual processo de injeção plástica. O primeiro objetivo foi retirar em algumas das inspeções as medidas de cada barracão da produção, manualmente com a utilização de uma trena métrica foram dimensionados o espaço total de cada um, espaçamento entre as máquinas e entre setores. Como mostra a imagem a seguir:

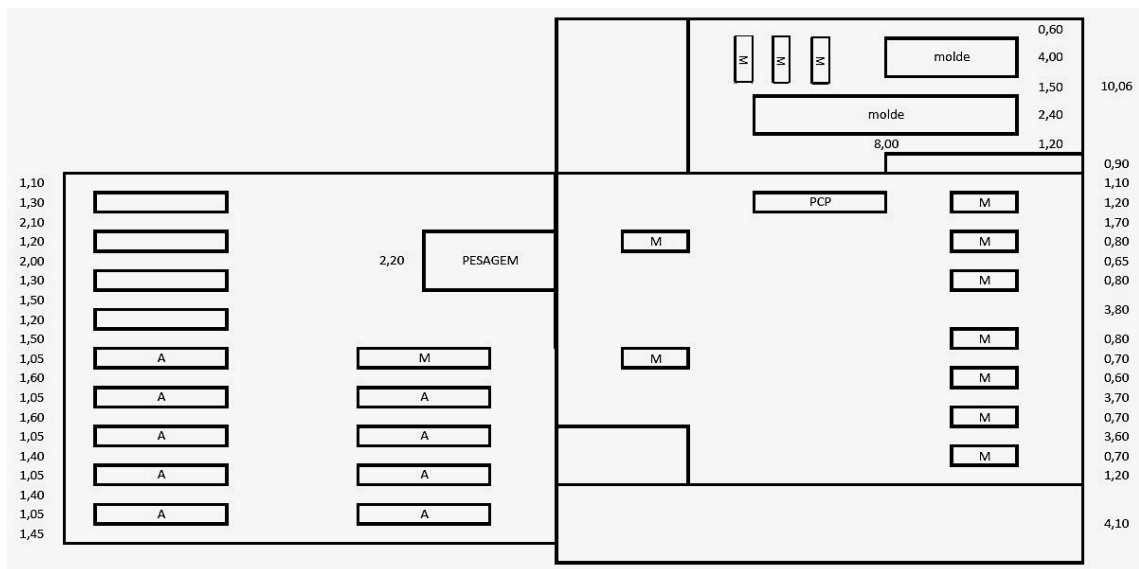


Figura 03: Dimensões dos barracões

Com as dimensões em mãos utilizou-se do software AutoCAD para desenvolver a planta baixa da fábrica, buscando manter o layout o mais próximo do real possível para dessa forma estudar a fundo os ciclos reais da produção.

Continuamente cronometrou-se um dos operadores para saber qual o tempo que se leva para injetar uma peça específica. Sempre observando o modelo de máquina que era utilizado, molde para injeção que estava montado e qual peça estaria sendo produzida no ato. Na tabela a seguir mostra os dados levantados.

Processo de Injeção	
Cronometragem	Tempo(s)
1	41,03
2	42,73
3	43,22
4	44,72
5	40,80
6	44,08
7	42,68
8	45,39
9	39,94
10	44,46

Máquina	5
Molde	C45
Peça	TE/Triplo 3/8

Média (t)	42,91
Maior	45,39
Menor	39,94

Tabela 01 – Tempo das cronometragens

Foram realizadas dez cronometragens do operador/máquina em observação, para obter-se um média do tempo utilizado na produção da peça TE/Triplo 3/8, colocando em evidencia a cronometragem mínima e máxima de injeção no momento.

Depois de coletado todos dados, tanto de dimensões do local e dos tempos cronometrados, foi elaborado o layout onde este foi importado para o software de simulação de processos de produção FlexSim, da mesma forma foram posicionadas as máquinas (processors) representando as injetoras e realizado todas ligações e lançamentos de dados para a configuração do mesmo a ser analisado. A figura abaixo retrata a simulação e layout inicial de todo o setor de produção de injeção plástica, dando assim a primeira forma e configuração aos processos a serem estudados.

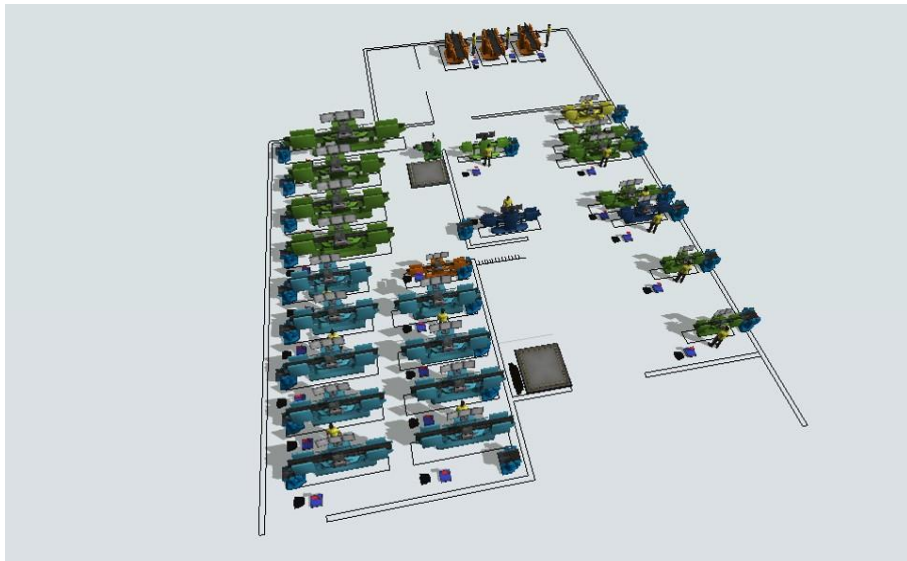


Figura 04: Simulação e Layout inicial

5.3 ANALISAR

Após a coleta dos dados na fase anterior (Medir), iniciou-se o estudo do estado atual que a empresa AGROJET se encontra, mediante aos seus processos, analisou-se o comportamento atual e identificou-se as causas raízes que afetam o processo de forma significativa com relação ao layout e aos processos por quais seus produtos passam e que geram variabilidade no resultado de interesse.

Com ênfase em fluxo de processos e layout, foi-se utilizado às seguintes ferramentas: Diagrama de Dispersão, Gráfico de Barras, Diagrama Homem-Máquina e Diagrama de Espaguete. E temos o software FlexSim acrescentando valor ao estudo.

5.3.1 DIAGRAMA DE DISPERSÃO/GRÁFICO DE BARRAS

Esta ferramenta tem como intuito comprovar a relação entre uma causa e um efeito, a análise foi realizada em cima de 10 cronometragens do processo de injeção, foi verificado que há instabilidade no processo do operador para cada injeção sabendo que a peça de estudo é a mesma.

O gráfico diz respeito de uma representação gráfica de valores simultâneos de duas variáveis relacionadas a um mesmo processo, mostrando o que acontece com uma variável quando a outra se altera, ajudando desta forma a verificar a relação entre elas.

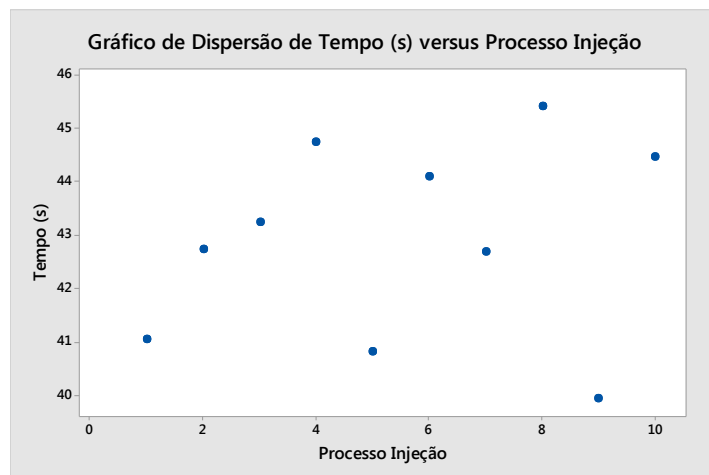


Figura 05: Gráfico de Dispersão da cronometragem realizada do operador no processo de injeção (Fonte: Dados da pesquisa)

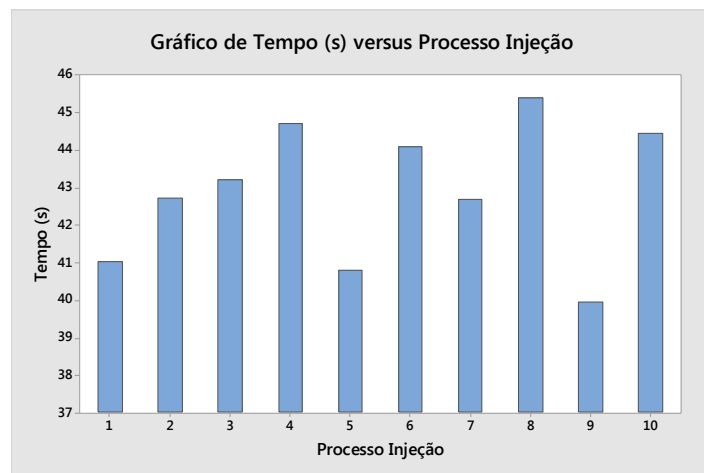


Figura 06: Gráfico de Barras da cronometragem realizada do operador no processo de injeção (Fonte: Dados da pesquisa)

Analisou-se que não há uma estabilidade no ciclo do processo, a partir do momento que a peça é a mesma, e os procedimentos para injetar, inspecionar e rebarbar deveriam ser os mesmos. Onde a peça sendo a mesma, a variação de tempos do processo deveria ser a mínima possível, e não é isso que ocorre durante os estudos de tempo.

5.3.2 DIAGRAMA HOMEM-MÁQUINA

O gráfico Homem-Máquina aponta meios de eliminar tempos de espera, e permite fazer uma análise profunda sobre as atividades relacionadas a determinada operação. O diagrama auxilia na otimização de métodos eficazes de trabalho, abre portas para a aplicação do kaizen em postos de trabalho, trazendo redução de custos, e gerando maior produtividade.

Utilizou-se para o estudo a máquina 5 da AGROJET, e com os resultados que obtivemos, houve-se uma preocupação com o tempo ocioso em que a máquina se encontrava durante o processo. Identificou-se que a ociosidade encontrada na máquina é de 73% em cima de 42 segundos aproximados de uma peça da indústria, pois no processo de rebarbação que está nas mãos do operador é o maior influenciador do tempo de processo. Abaixo segue imagem do diagrama realizado:

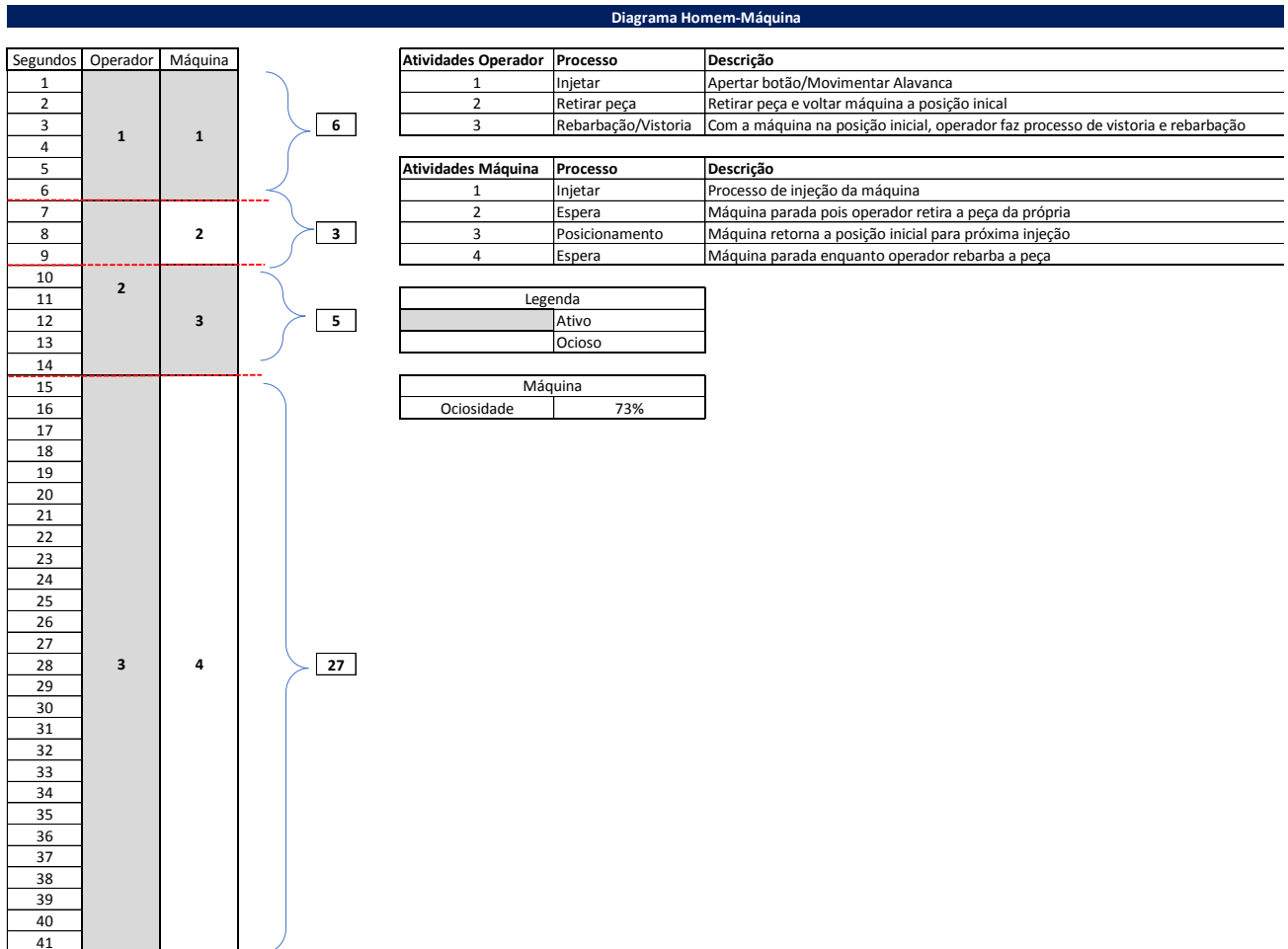


Figura 07: Diagrama Homem-Máquina realizado a partir da cronometragem do operador (Fonte: Dados da pesquisa)

5.3.3 DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Esta ferramenta é frequentemente utilizada nos conceitos de Lean Manufacturing, onde tem como intuito analisar o percurso de operadores, materiais, e fluxos de informação e definir o melhor layout para o seguimento em que está sendo feito o estudo.

O estudo feito foi no fluxo do transporte do material durante as etapas percorridas, identificou-se uma necessidade de mudança no processo atual, com base nos estudos dos fluxogramas anteriores e com esta ferramenta, identificou-se dois desperdícios que são abordados no STP (Sistema Toyota de Produção), que são: Transporte, e Excesso de Processos.

Transportes estão relacionados à movimentação de mercadorias ao longo do processo, todo transporte é um desperdício, pois não agrega valor ao produto final, porém muitas vezes são necessários. No diagrama de espaguete da figura 08 e 09 podemos observar que toda essa movimentação da peça poderia ser evitada, desta forma estaríamos economizando tempo.

Analisando o processo produtivo durante as visitas e no fluxograma (figura 01), podemos observar que são realizadas ações desnecessárias para que o produto atinja as especificações finais. Após a injeção o operador faz uma rebarbação na peça e levam até o setor de pesagem onde os próprios operadores fazem o processo da pesagem e depois as peças são encaminhadas para o setor de rebarbação onde a peça passa por um novo processo, depois é realizada uma nova pesagem das peças e só depois vai para o setor de montagem.

Abaixo segue o diagrama de espaguete, a cor em amarelo é o deslocamento do produto durante as etapas de processo, já a cor em vermelho, é o caminho percorrido do operador juntamente ao transporte dos produtos. A esquerda temos imagem do diagrama de espaguete para conexões e a direita para peças semiacabadas.

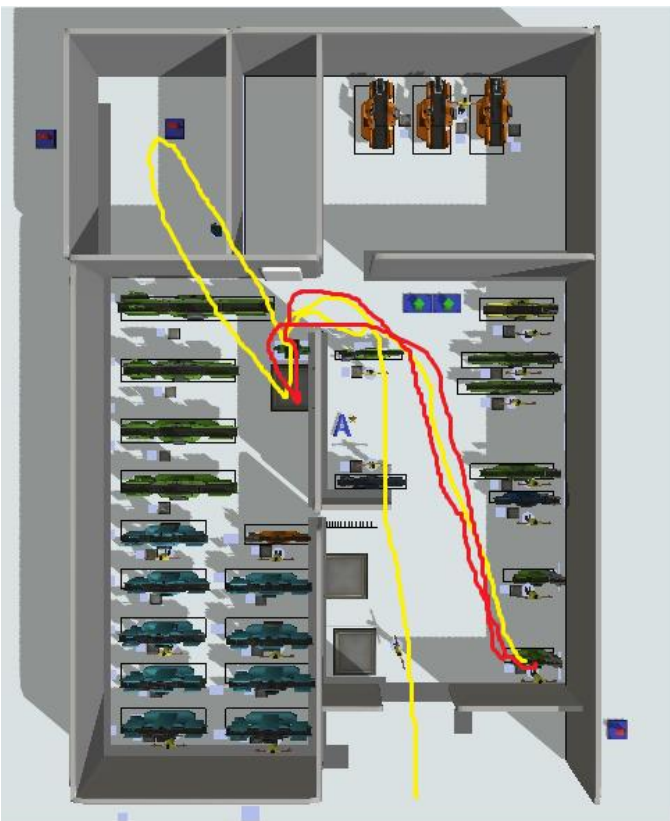


Figura 08: Representa o processo de conexões. (Fonte: Dados da Pesquisa)

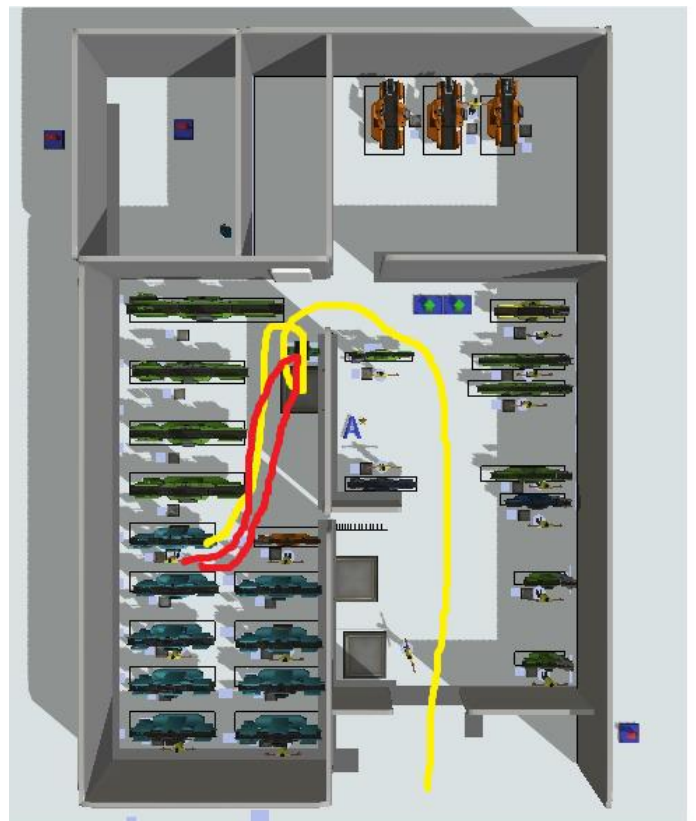


Figura 09: Representa o processo de peças semiacabadas. (Fonte: Dados da Pesquisa)

Ele foi criado a partir da simulação do layout da AGROJET no FlexSim, onde mapeamos os processos de injeção, e fizemos marcações do primeiro ao último passo do processo, e fizemos linhas por onde foi percorrido o produto.

Para fazer análise em cima dessas linhas que são parecidas com espaguete, necessitou-se saber onde havia muitos cruzamentos de linhas, e o intuito é trazer um fluxo mais limpo possível, para otimizar o processo. Com estudos baseados em cima do fluxograma e o diagrama, notamos que as conexões passam por várias pesagens e rebarbações, e isso influencia no percurso. E as otimizações para esse tipo de layout, pode ser em uma mudança de layout ou alteração do processo atual.

5.4 IMPLEMENTAR

Com o intuito de reduzir o excesso de processos, diminuir o tempo de ociosidade da máquina no processo de injeção e tornar o fluxo do produto mais limpo, trazendo maior produtividade a empresa AGROJET, sugere-se que seja feito duas mudanças nos processos atuais da empresa, a primeira seria retirar a rebarbação do operador após a peça injetada na máquina, fazendo com que aumentasse o uso da máquina, tornando-a, e fazendo com que o operador tivesse uma tolerância de 10 segundos para uma inspeção visual rápida, evitando com que sejam aprovadas as peças que estejam extremamente defeituosas visivelmente.

A melhoria seria de 42 segundos para 24 segundos o processo de injeção com a inspeção visual e eliminação de peças defeituosas, não deixando as peças chegarem a processos subsequentes.

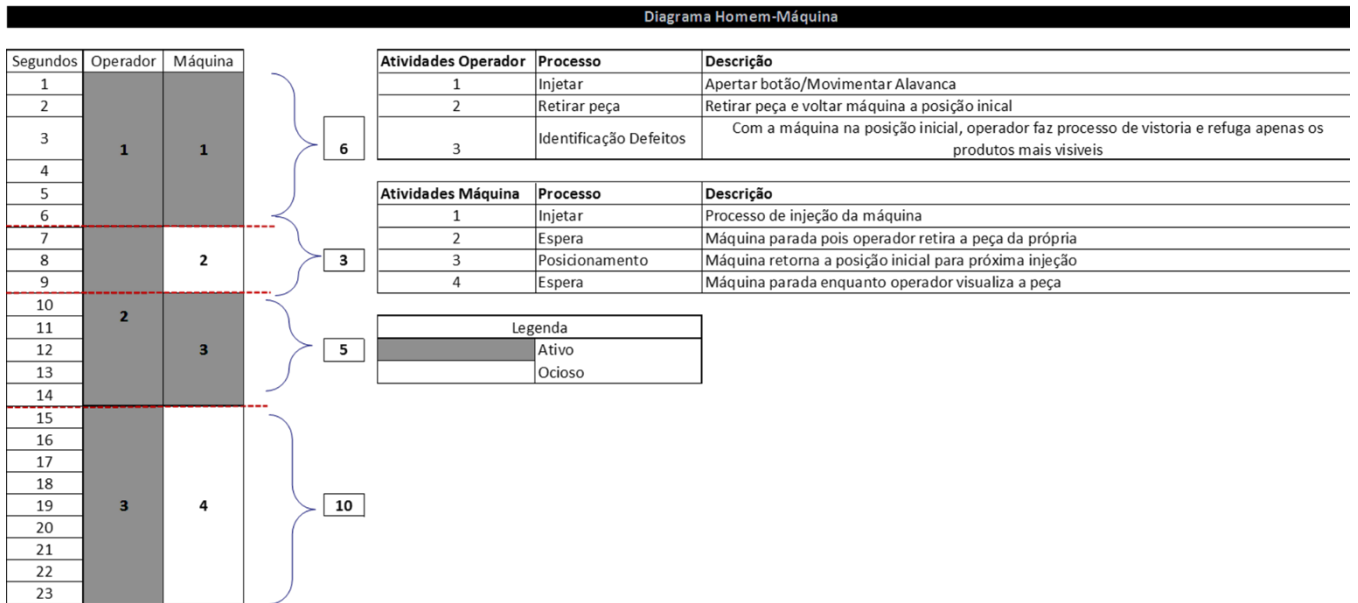


Figura 10: Novo diagrama Homem-Máquina com a implementação (Fonte: Dados da Pesquisa)

A segunda proposta de melhoria é diminuir o excesso de rebarbações e pesagens existente no processo atual, fazendo com que seja refeito um novo fluxograma explicando o novo funcionamento do processo. Abaixo segue imagem do processo redesenhado.

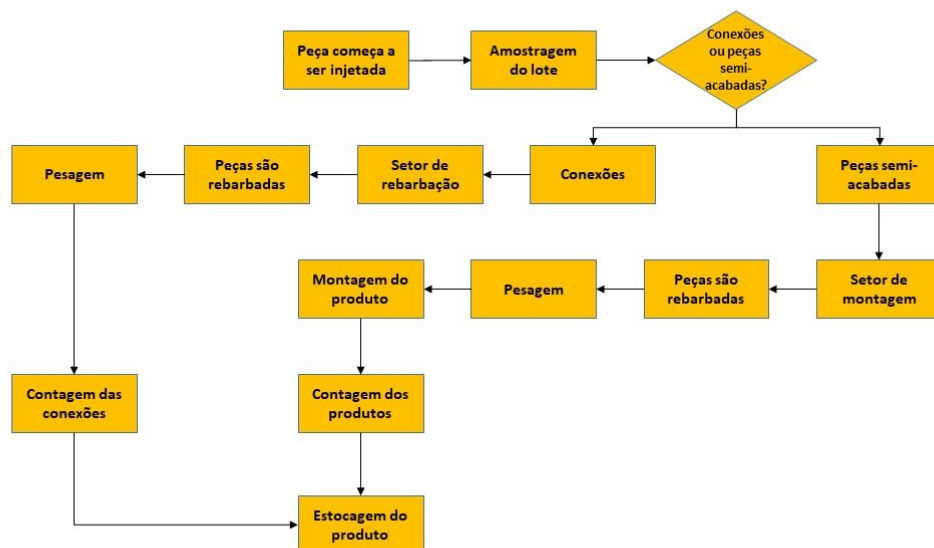


Figura 11: Novo fluxograma do processo de Injeção e Pesagem (Fonte: Dados da Pesquisa)

O intuito é que as conexões e rebarbações tenham seus processos apenas com uma rebarbação, e apenas uma pesagem. Evitando acertos muito grandes de estoque, evitando transporte desnecessário e reduzindo o número de processos. Abaixo está a imagem do novo diagrama de espaguete, conforme os processos do fluxograma anterior.



Figura 12: Novo Diagrama de Espaguete proposto para conexões (Fonte: Dados da Pesquisa)



Figura 13: Novo Diagrama de Espaguete proposto para peças semiacabadas (Fonte: Dados da pesquisa)

Nota-se que com o envio de determinado tipo de peça para o setor específico sem rebarbação e pesagem, diminui transportes e processos desnecessários, trazendo maior fluidez no processo, evitando percas de custo, tempo e dinheiro.

5.5 CONTROLAR

A equipe não teve tempo de aplicar as melhorias propostas, mas tendo uma oportunidade poderá ser realizado essa fase do ciclo. Neste momento, é

importante monitorar os resultados alcançados após a implementação das melhorias e estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados. É importante estabelecer um Plano de Controle, garantindo que os resultados não se percam, a equipe irá verificar se as melhorias estão ocorrendo como previstas e se os resultados são contínuos.

6 CONCLUSÃO

Com o estudo realizado e com o auxílio de todas ferramentas utilizadas chegamos à conclusão de que a melhor solução seria retirar a rebarbação dos operadores e retirar a pesagem que eles fazem. Dessa forma eliminaria um ciclo desnecessário na injeção e evitaria a transição sem necessidade dos materiais pelos barracões e reduzindo os acertos de estoque por pesagem, dando mais foco aos funcionários e aumentando a produtividade.

Com a alta competitividade as empresas devem buscar constantemente meios de otimizar seus processos e eliminar perdas. Essa crescente necessidade de melhoria faz com que a adequação dos processos ao sistema de produção enxuta seja cada vez mais necessária. O layout de uma indústria é fundamental para a saúde industrial, pois se o maquinário e os processos não estiverem em harmonia, à produção ficara mais vulnerável a erros.

É possível concluir que a proposta de alteração de layout trazida por este estudo vem ao encontro da necessidade da AGROJET, otimizando os ciclos de produção, reduzindo os desperdícios desnecessários e aumentando a produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrojet. Disponível em: < <http://www.agrojet.com.br/pt/sobre-nos/> > Acesso em 17 de novembro de 2018.

COUTINHO, Thiago. **Lean Manufacturing: o que é e como funciona?**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-manufacturing>> Acesso em 25 de agosto de 2019.

DIAS, Jessica. **A metodologia Six Sigma e a ferramenta DMAIC**. Disponível em: <<https://engenharia360.com/metodologia-six-sigma-e-ferramenta-dmaic/>> Acesso em 25 de agosto de 2019.

FlexSim. Disponível em: <<https://www.flexsim.com/pt/>> Acesso em 24 de novembro de 2018.

ROTONDARO, Roberto G. et al. **Seis sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2015.